

Marcela ČERNÍKOVÁ¹, Pavel ORAVEC², Vladan PANOVEC³

MĚŘENÍ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ SKEL OKENNÍCH VÝPLNÍ PO PĚTI LETECH UŽÍVÁNÍ

MEASURING OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF WINDOW PANES AFTER FIVE YEARS OF USING

Abstrakt

Okenní výplně jsou v dnešní době díky nárokům na tepelně - technické vlastnosti čím dál více propracovanější z hlediska technického řešení. Je potřeba dbát jak na konstrukční řešení rámu, tak i na izolační výplň mezi zasklením. Okenní výplně mají značný podíl na tepelné ztrátě obálkou budovy. Proto považujeme za důležité zhodnotit stav zabudovaných oken i po určité době od zabudování výrobků. V tomto případě jsou hodnoty měřené téměř po pěti letech užívání stavby.

Klíčová slova

Okna, skla, tepelný tok, měření, teplota.

Abstract

Because of the requirements of thermophysical properties windows are becoming technically more sophisticated recently. We need to pay attention not only to structure of window frame but also to insulation between the window panes. Window panes contribute significantly to heat loss through building envelope. So we consider this as very important to test the state of installed windows after few years of using. In this case we have the values measured almost after five years of using.

Keywords

Windows, window panes, heat flow, measure, temperature.

1 ÚVOD

Popisovaná problematika byla prováděna v souvislosti s výzkumným záměrem, který je součástí projektů „Inovace a modernizace studijního oboru Prostředí staveb“ a „Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO“. V rámci záměru byly pracovníky a doktorandy Fakulty stavební VŠB – TU Ostrava (obr. 1) na souboru pasivních domů provedeny analýzy vzduchotěsnosti metodou Blower-Door, termovizní měření pasivních domů a měření a vyhodnocení zvukoizolačních schopností stěn a stropů. Tento příspěvek popisuje měření a vyhodnocení parametrů sloužících ke zjištění hodnoty součinitele

¹ Ing. Marcela Černíková, Katedra Prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 957, e-mail: marcela.cernikova@vsb.cz.

² Ing. Pavel Oravec, Ph.D., Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 912, e-mail: pavel.oravec@vsb.cz.

³ Ing. Vladan Panovec, Katedra Prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 941, e-mail: vladan.panovec@vsb.cz.

prostupu tepla zasklení, které bylo rovněž prováděno v rámci výzkumu. Obdobný výzkum byl prováděn na jiných stavbách uvedených v [5].

2 POPIS BUDOVY

Budova školicího střediska firmy Atrea se nachází v Koberovech a je součástí souboru dvanácti pasivních domů vybudovaných v roce 2007. Při návrhu tohoto komplexu domů v pasivním standardu bylo dbáno mj. na umístění oken vůči světovým stranám. Distance mezi budovami a jejich rozmístění na parcelách je provedeno tak, aby si vzájemně nestínily do obytných prostor.

Konstrukční řešení je u všech domů stejné – jedná se o dřevostavby. Rozdílnost představují např. přesahy střech nebo uspořádání oken. Odlišné jsou také konečné fasádní úpravy.



Obr. 1: Měřicí tým u budovy školicího střediska firmy Atrea s.r.o v Koberovech

Okna, která se měřila, byla orientována na východní a jižní stranu. Čidla se osazovala na otvíravá i fixní křídla oken. Místnost, ve které bylo měření prováděno, slouží jako výukový prostor při různých školeních či přednáškách. Okna nejsou chráněna žádnými venkovními clonícími prvky, ale jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Budova se nachází ve větrné lokalitě, kde působí výraznější povětrnostní podmínky.

2.1 Popis měření



Měření parametrů, z nichž byl vypočítán součinitel prostupu tepla zasklení U_g [$\text{W/m}^2\cdot\text{K}^{-1}$] bylo prováděno v zimním období při dostatečně velkém teplotním spádu. Měření bylo prováděno vždy v nočních hodinách (od 21:00-7:00), aby se vyloučil vliv slunečního záření.

Pro měření byly vytipovány tři okenní výplně. Data byla snímána i přes den, ale z hodnot denního měření v Tab. 2 je patrné, že výsledná hodnota součinitele prostupu tepla zasklení není reálná z důvodu ovlivnění slunečním svitem.

Obr. 2: Pohled na měřené okenní výplně školicího střediska

2.2 Požadavky

Požadavky na měření tepelného toku (resp. Součinitele prostupu tepla) zabudovaných otvorových výplní (tedy mimo zkušební laboratoř) nejsou specifikovány žádným předpisem. Je potřeba zdůraznit, že samotný prostup tepla přes skleněnou výplň je proces natolik složitý a navíc ovlivněný řadou faktorů, že i v laboratorních podmínkách bývá obtížné provést ho tak, aby získané výsledky nebyly zpochybňovány. Proto naměřené hodnoty „in situ“ je vždy nutné brát s určitou rezervou, jako hodnoty neautorizované.

Při samotném měření lze orientačně postupovat podle „ČSN EN 675 Sklo ve stavebnictví – Stanovení prostupu tepla (hodnota U) – Metoda měřidla tepelného toku“ [2]. Základní požadavky této normy lze shrnout takto:

- velikost měřeného vzorku má být 800 mm × 800 mm (s tolerancí 750 až 850 mm) – u větších vzorků je potřeba uvažovat s bočním tepelným tokem skly a s větším prouděním plynu mezi skly;
- teplota vzorku má být $(10 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$;
- rozdíl mezi teplým a studeným povrchem má být $(15 \pm 0,5) \text{ K}$.

Je jasné, že dodržení těchto požadavků není při měření „in situ“ reálné, proto je na základě dlouhodobých zkušeností doporučeno dodržet tento postup:

- protože se jedná o měření ustáleného toku tepla, musí být vyrovnaný teplotní rozdíl mezi interiérem a exteriérem alespoň po dobu 6 hodin;
- teplotní rozdíl mezi interiérem a exteriérem by měl činit alespoň 25 K – tzn. při teplotě v interiéru cca 20 °C by měla být venkovní teplota – 5 °C;
- měření je nutno provádět vždy v nočních hodinách, aby nedocházelo k ovlivnění teplot vlivem slunečního záření;
- čidla musí být umístěna uprostřed zasklení – při rozměrech zasklení větších než 150 × 150 cm se nepředpokládá výraznější ovlivnění výsledků rámem a tepelnou vazbou zasklívací spárou, naopak, při menších rozměrech může být toto ovlivnění významné.

Přesnější výsledky lze získat porovnáním s referenčním vzorkem – zasklení změřené ve zkušebně se osadí do některého z okenních rámců v dané budově a znovu se změří používaným měřicím zařízením. Stejným způsobem lze stanovit vliv zasklívací spáry, případně rámu.

2.3 Výpočetní vztahy

Výpočet tepelného odporu zasklení pomocí naměřeného tepelného toku dle ČSN EN 675[2]:

$$R = \frac{T_{si} - T_{se}}{q} \quad (1)$$

q	tepelný tok [W/m^2]
T_{si}	vnitřní povrchová teplota konstrukce [$^\circ\text{C}$]
T_{se}	vnější povrchová teplota konstrukce [$^\circ\text{C}$]

$$\frac{1}{U} = R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad (2)$$



$h_e = 25$	-	Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}]$
$h_i = 7,7$	-	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}]$

2.4 Použité měřicí zařízení

K měření byla použita měřicí sestava:

- Zařízení ALMEMO 2690-8 [9].
- Teplotní čidla AHLBORN [10].

Tab. 1: Použité zařízení pro měření

	<p>AHLBORN – Almemo 2690-8</p> <ul style="list-style-type: none"> - napojení 5 konektorů – pro čidla - napojení zdroje energie - napojení USB kabelu na přenos dat do PC
	<p>AHLBORN – ALMEMO – ZA 9020-FS – teplotní čidlo pro měření teploty v exteriéru</p> <p>-ozn. θ_e [°C]</p>
	<p>AHLBORN – ALMEMO – ZA 9020 FS – teplotní čidlo pro měření teploty na povrchu konstrukce z interiérové i exteriérové strany</p> <p>- ozn. θ_{si}, θ_{se} [°C]</p>
	<p>AHLBORN – ALMEMO – ZA 9007 FS čidlo pro měření tepelného toku W/m^2</p> <p>- ozn. Q [W/m^2]</p>
	<p>AHLBORN – ALMEMO – FH A646-E1 – kombinovaná sonda pro zjišťování teploty a relativní vlhkosti v interiéru</p> <p>- ozn. θ_i [°C]</p>

3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Naměřené hodnoty jsou získané pomocí měřicího přístroje AHLBORN – Almemo 2690-8 [9]. Ukládání a průměrování výsledků bylo po 15-ti minutách. Tyto naměřené hodnoty se zpracovávají pomocí softwaru [8] dodávaného k měřicímu přístroji, a dále se vyhodnotily v programu MICROSOFT EXCEL 2007 [7].

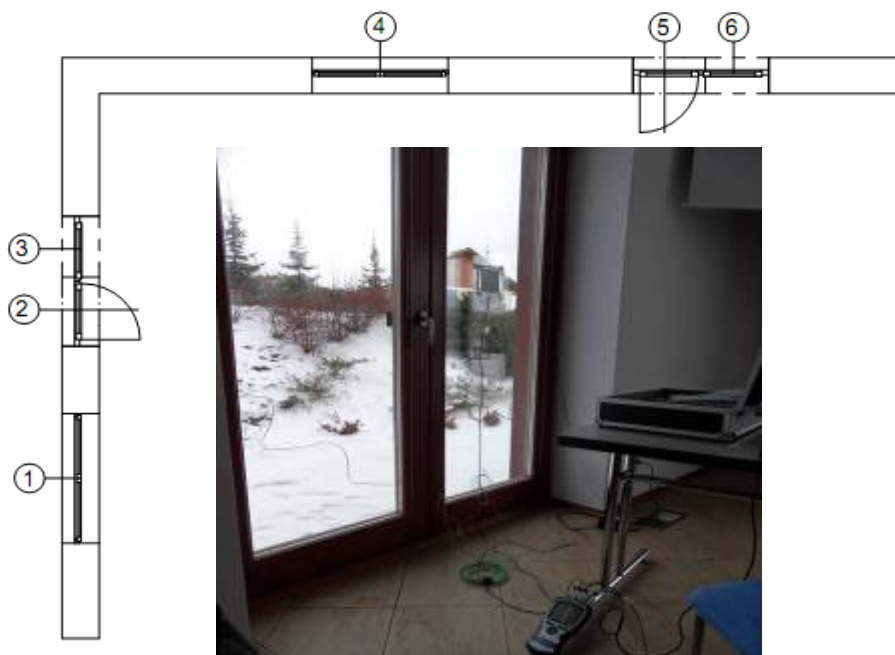
Podle podkladů od dodavatele oken firmy Slavona jsou v domě osazeny okenní výplně s dřevěnými rámy a zasklení je provedeno pomocí trojitého izolačního zasklení se součinitelem prostupu tepla zasklení $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$ [4].

Výsledné hodnoty součinitele prostupu tepla pro tři měřená okna jsou shrnuty ve výsledné

Tab. 2. Použité měřicí zařízení je shrnuto v Tab. 1.

Tab. 2: Porovnání hodnot U [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]

Označení oken dle obr. 3	otevíravé	fixní	fixní
	č. 2	č. 3	č. 6
Deklarovaný součinitel prostupu tepla zasklením U_g [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$] (dle výrobce)	0,5		
Naměřená průměrná hodnota součinitele prostupu tepla zasklení U_g [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$] denní měření (orientační)	-	-0,01	0,09
Vypočítaná směrodatná odchylka - s	-	$\pm 0,4153$	$\pm 0,3666$
Naměřená průměrná hodnota součinitele prostupu tepla zasklení U_g [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$] noční měření (korektní)	0,78	0,65	0,58
Vypočítaná směrodatná odchylka - s	$\pm 0,0396$	$\pm 0,1214$	$\pm 0,0372$



Obr. 3,4: Půdorysné rozmístění hodnocených oken a instalované měřicí zařízení

4 ZÁVĚR

Měřené okenní výplně jsou v budově zabudovány téměř pět let. Hodnota součinitele prostupu tepla zasklení je vyhodnocena softwarem [8], který zohledňuje výslednou hodnotu s určitou odchylkou, která je uvedena v Tab. 2. Výrobce, který udává deklarovaný součinitel prostupu tepla, se musí řídit dle tepelně technické normy [1]. Tato norma prošla od roku 1954, kdy vznikla, postupně mnoha změnami. Změny se týkaly zpřísnění normových hodnot součinitele prostupu tepla U [$\text{W/m}^2\cdot\text{K}^{-1}$] [6].

Z podkladů byly k dispozici hodnoty součinitele prostupu zasklení s hodnotou $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^{-1}$. Přímé porovnání naměřených výsledků s deklarovanou hodnotou součinitele prostupu zasklení však není možné, protože toto není hodnota, která by vypovídala o skutečném U_g v době montáže na stavbě. Při zhodnocení výsledků z probíhajícího měření je patrné, že tepelně izolační vlastnosti jsou rozdílné, a to i v rámci jednotlivých oken. Aby bylo možné potvrdit (nebo vyvrátit) vliv doby osazení otvorové výplně na její tepelně izolační vlastnosti, bude nutné provést v průběhu několika let další měření, pokud možno za stejných podmínek.

5 PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu „Tvorba a internacionalizace špičkových týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB – TUO“.

Příspěvek byl také realizován za laskavé podpory projektového manažera firmy Atrea s.r.o. pana Ing. Zdeňka Zikána, který umožnil měření v prostorách komplexu pasivních domů v Koberovech.

LITERATURA

- [1] ČSN 730540-2 - Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky (2011).
- [2] ČSN EN 675 Sklo ve stavebnictví.
- [3] PROJEKČNÍ PODKLADY – výkresy stavební části.
- [4] <http://domy.atrea.cz/cz/realizace-obytneho-souboru-12-ti-pasivnich-rodinnych-domu-a-skolicihostrediska-koberovy-cesky-raj>.
- [5] ORAVEC, P. & TESLÍK, J. & ZEMAN, K. & LABUDEK, J. Zjišťování tepelně izolačních vlastností izolačních dvojskel. In Závěrečná konference projektu CZ-PL. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, ISBN X978-80-248-2224-2.
- [6] SKOTNICOVÁ, I., Změny ve výpočtových metodách tepelně technických norem. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 2011, roč. 6, č. 1. Ostrava: VŠB-TUO, 2006, s. 205-212. ISSN 1213-1962.

POUŽITÝ SOFTWARE

- [7] MICROSOFT EXCEL 2007.
- [8] Amr Control 5.13.

POUŽITÉ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

- [9] Měřicí zařízení ALMEMO 2690-8.
- [10] Teplotní čidla AHLBORN.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.

Doc. Ing. Miloš Kalousek, Ph.D., Ústav pozemního stavitelství, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.